

Évaluation de l'impact des perturbations sur l'estimation des paramètres et la prédiction des valeurs génétiques

Vincent LE (1,2), Tom ROHMER (1), Florence YTOURNEL (3), Loïc FLATRES-GRALL (4), Bruno LIGONESCHE (5), Alban BOUQUET (6), Ingrid DAVID (1)

(1) GenPhySE, INRAE, Université de Toulouse, INPT, ENVT, 31320 Castanet Tolosan, France

(2) Alliance R&D, 35650 Le Rheu, France

(3) Choice Genetics, Rue Maryse Bastié, 35172 Bruz, France

(4) Axiom Genetics, La Garenne, 37310 Azay Sur Indre, France

(5) SAS Nucleus, 7 Rue des Orchidées, 35650 Le Rheu, France

(6) IFIP Institut du Porc, 35650 Le Rheu, France

giang-nam.le@inrae.fr

Evaluating the impact of disturbances on estimating parameters and predicting breeding values

Due to the diversification of farming systems and climate change, farm animals are increasingly exposed to disturbances to which they respond differently depending on their robustness. The aim of this study was to evaluate by simulation the impact of these unknown disturbances on the estimation of parameters and the prediction of genetic values of production traits. Different sets of simulations were considered depending on the type of disturbance (at the level of the batch, pen or individual), the genetic correlation between production and robustness (negative, neutral or positive) and between resistance and resilience, and the heritability of robustness. A population of 6120 individuals over 10 generations divided into 4 batches of 10 pens was generated (1000 replicates per set). A longitudinal phenotype that mimicked a production trait was simulated for each individual in two situations: a population subjected to disturbances or not. In the second case, the phenotype was modified according to the robustness of the animal. An animal model that included the pen-intra-batch effect was used to estimate the genetic parameters. As expected, the presence of disturbances led to significant underestimation of the heritability of production traits (by -7.6% to -6.6% depending on the production trait of interest: slope or fixed-age value) and worse prediction of genetic values (a 2.0-2.5% decrease in the correlation between true and predicted genetic values). This impact was greater when the genetic correlation between robustness and production was negative. However, the model did not predict any influence of the type of disturbance and the correlation between resistance and resilience on this impact.

INTRODUCTION

Les conditions d'élevage des animaux se diversifient en fonction des ressources alimentaires, des systèmes de production, des attentes sociétales et du changement climatique. Ces changements génèrent une diversité d'environnements de production sous-optimaux auxquels l'animal doit pouvoir s'adapter. La robustesse de l'animal (résistance (Bishop, 2012) et résilience (Berghof *et al.*, 2018) face à une perturbation) correspond à son potentiel d'adaptation à ces changements. Le but de cette étude est d'évaluer, par simulation, l'impact de perturbations inconnues sur l'estimation des paramètres et la prédiction des valeurs génétiques du gain moyen quotidien (GMQ) et du poids à 100 jours (P100) en fonction du type de perturbation (bande, case, individuelle), de la corrélation génétique entre production et robustesse et entre les deux composantes de la robustesse.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Programme de simulation

L'objectif des simulations est d'imiter les effets de perturbations qui se produisent dans un système de production classique,

c'est-à-dire diverses perturbations de durées et d'intensités différentes qui affectent les animaux individuellement ou au niveau du groupe (case ou bande).

La population simulée est composée de 10 générations de 600 individus phénotypés. Les animaux de chaque génération sont répartis en 4 bandes de 10 cases (15 individus par case). Chaque individu est suivi sur une période de test de 93 à 100 jours. Trois types de perturbation (perturbation de bande, de case et individuelle) d'intensité et de durée variables, sont simulés.

Un phénotype longitudinal « non-perturbé » sur la période de test imitant le poids vif de l'animal en croissance a été simulé pour chaque individu en fonction de son potentiel génétique et d'effets fixes. Un second phénotype « perturbé » est obtenu en pénalisant le phénotype non-perturbé en fonction de la durée, de l'intensité des perturbations que l'animal subit et de sa robustesse (Nguyen-Ba *et al.*, 2020) (Figure 1). À partir des phénotypes longitudinaux non perturbés et perturbés, deux phénotypes d'intérêt sont extraits : le GMQ et le P100 d'héritabilité modérée : 0,27 et 0,26, respectivement. L'impact des perturbations sur l'estimation des paramètres et la prédiction des valeurs génétiques est évalué sur ces caractères d'intérêt.

Des sets de simulations (n=54) combinant différentes proportions de perturbations à l'échelle de la case et de l'individu, différentes corrélations entre les phénotypes d'intérêt et la robustesse (négative, neutre ou positive), différentes corrélations entre la résistance et la résilience (négative, neutre ou positive) et différentes héritabilités pour la résistance et la résilience (modérées ou faibles) ont été réalisés à raison de 1000 réplifications par set.

1.2. Analyse statistique

Un modèle linéaire mixte de type « modèle animal » incluant l'effet case-intra-bande a été appliqué pour chaque phénotype d'intérêt afin d'estimer les héritabilités et de prédire les valeurs génétiques en l'absence ou en présence de perturbations. Nous avons ensuite comparé les héritabilités obtenues dans les deux situations, calculé la corrélation de Spearman entre les valeurs génétiques simulées et les valeurs prédites ($\rho(BV, EBV)$) puis comparé le pourcentage d'animaux en commun parmi les 10% meilleurs (PB) animaux entre les valeurs génétiques simulées et prédites. Le test-Z a été utilisé pour les comparaisons au risque α de 5%.

2. RESULTATS

Sur l'ensemble des simulations, la corrélation entre le phénotype perturbé et non-perturbé est élevée (0,89±0,01 et 0,81±0,02 respectivement pour le GMQ et P100) en cohérence avec l'impact de perturbations de faible intensité. Néanmoins, la présence de perturbations entraîne une estimation significativement plus faible de l'héritabilité des caractères de production (baisse de 0,04 et 0,08 points en moyenne pour GMQ et P100) et une moins bonne précision des valeurs génétiques (baisse moyenne de la corrélation entre valeurs

vraies et prédites de 0,07 et 0,04 points pour GMQ et P100). Le PB est également significativement plus faible en présence de perturbation pour les deux caractères. En pratique, nous ne sélectionnons pas exactement les mêmes animaux en l'absence ou en présence de perturbations. Ces impacts sont plus importants lorsque la corrélation génétique entre robustesse et production est négative (Tableau 1). En revanche, nous n'avons pas mis en évidence d'effet significatif de la corrélation entre résistance et résilience, de l'héritabilité de la robustesse et du type de perturbation sur ces impacts. Ce dernier point semble montrer que l'inclusion de l'effet case intra-bande ne permet pas de corriger efficacement pour l'effet d'une perturbation inconnue.

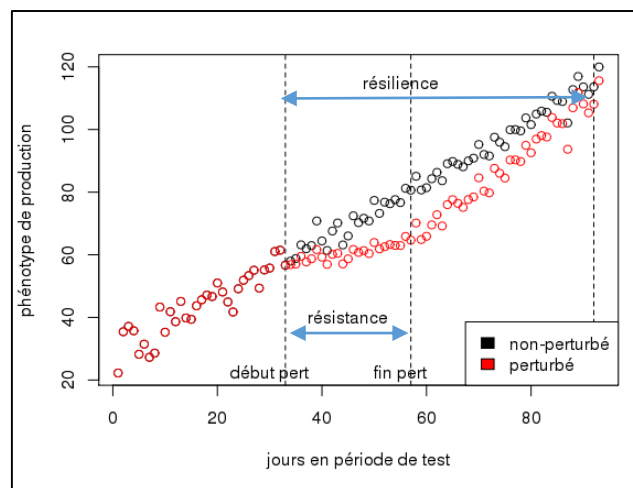


Figure 1 - Exemple de phénotypes simulés pour un animal dans le cas perturbé et non-perturbé (pert = perturbation)

Tableau 1 – Impact des perturbations sur l'estimation des paramètres et valeurs génétiques selon la corrélation entre la production et la robustesse

		GMQ			P100		
		h^2	$\rho(BV, EBV)$	PB	h^2	$\rho(BV, EBV)$	PB
Sans perturbation ^a		0,26±0,03	0,69±0,02	0,46±0,03	0,29±0,03	0,67±0,02	0,47±0,03
Si perturbations ^a		0,22±0,03	0,62±0,03	0,44±0,03	0,21±0,03	0,63±0,03	0,43±0,03
Corrélation entre production et robustesse ^b	-	0,20±0,01	0,61±0,01	0,43±0,01	0,19±0,01	0,62±0,01	0,42±0,01
	0	0,22±0,01	0,62±0,01	0,44±0,01	0,21±0,01	0,63±0,01	0,43±0,01
	+	0,23±0,03	0,63±0,01	0,45±0,01	0,22±0,01	0,65±0,01	0,44±0,01

^amoyenne (μ) ± déviation standard (sd) calculées sur l'ensemble des sets de simulation, ^b μ ± sd de la moyenne des sets concernés

CONCLUSION

Les perturbations, même de faible intensité, impactent l'estimation des paramètres génétiques et la prédiction des valeurs génétiques des caractères de production. En pratique, nous ne sélectionnons pas les mêmes animaux dans des conditions environnementales différentes. L'impact des

perturbations est d'autant plus élevé que l'antagonisme entre robustesse et production est élevé. Reconstruire la courbe théorique non-perturbée des animaux à partir de phénotypes longitudinaux observés permettrait d'estimer plus correctement leur potentiel de production et de robustesse. Des recherches sont actuellement en cours sur le sujet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Berghof T.V.L., Poppe M., Mulder H.A., 2018. Opportunities to improve resilience in animal breeding programs. *Front. Genet.* 9, 692.
- Bishop S.C., 2012. A consideration of resistance and tolerance for ruminant nematode infections. *Front. Genet.*, 3, 168.
- Nguyen-Ba H., van Milgen J., Taghipoor M., 2020. A procedure to quantify the feed intake response of growing pigs to perturbations. *Animal*, 14, 253-260.